



88106126



International Baccalaureate®  
Baccalauréat International  
Bachillerato Internacional

**QUÍMICA**  
**NIVEL SUPERIOR**  
**PRUEBA 2**

Jueves 11 de noviembre de 2010 (tarde)

2 horas 15 minutos

Número de convocatoria del alumno

0	0							
---	---	--	--	--	--	--	--	--

**INSTRUCCIONES PARA LOS ALUMNOS**

- Escriba su número de convocatoria en las casillas de arriba.
- No abra esta prueba hasta que se lo autoricen.
- Sección A: conteste toda la sección A en los espacios provistos.
- Sección B: conteste dos preguntas de la sección B. Escriba sus respuestas en las hojas de respuestas. Escriba su número de convocatoria en cada una de las hojas de respuestas, y adjúntelas a este cuestionario de examen y a su portada empleando los cordeles provistos.
- Cuando termine el examen, indique en las casillas correspondientes de la portada de su examen los números de las preguntas que ha contestado y la cantidad de hojas que ha utilizado.

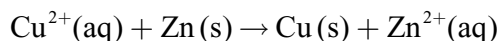


0116

## SECCIÓN A

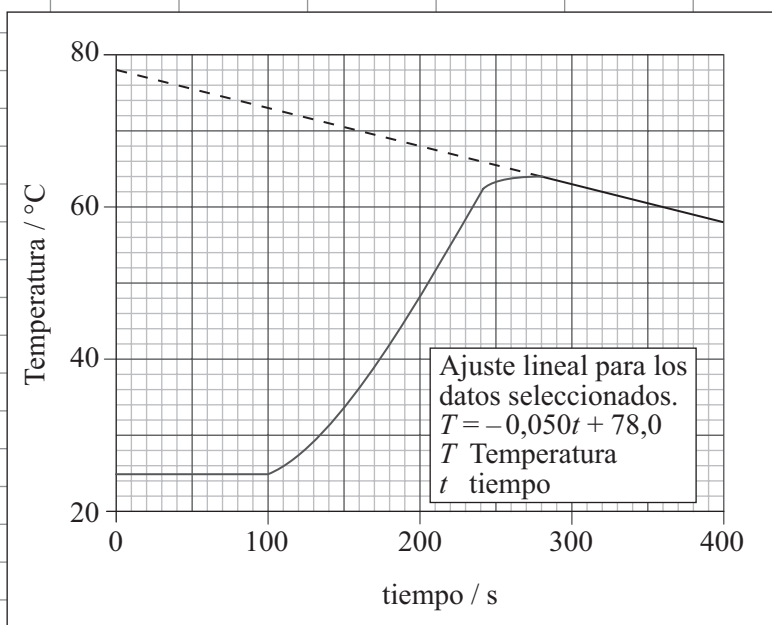
Conteste **todas** las preguntas en los espacios provistos.

- Los siguientes datos provienen de un experimento para medir la variación de entalpía de la reacción entre el sulfato de cobre(II) acuoso,  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$  y zinc,  $\text{Zn}(\text{s})$ .



Se colocaron  $50,0 \text{ cm}^3$  de solución de sulfato de cobre(II)  $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$  en un vaso de poliestireno y se añadió zinc en polvo después de 100 segundos. Se registraron datos de temperatura-tiempo por medio de un programa de registro de datos. La tabla muestra las 23 lecturas iniciales.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	tiempo / s	Temperatura / °C						
2	0,0	24,8						
3	1,0	24,8						
4	2,0	24,8						
5	3,0	24,8						
6	4,0	24,8						
7	5,0	24,8						
8	6,0	24,8						
9	7,0	24,8						
10	8,0	24,8						
11	9,0	24,8						
12	10,0	24,8						
13	11,0	24,8						
14	12,0	24,8						
15	13,0	24,8						
16	14,0	24,8						
17	15,0	24,8						
18	16,0	24,8						
19	17,0	24,8						
20	18,0	24,8						
21	19,0	24,8						
22	20,0	24,8						
23	21,0	24,8						
24	22,0	24,8						



Se ha dibujado una línea recta a través de algunos de los puntos obtenidos. La ecuación de esta línea dada por el programa de registro de datos es

$$T = -0,050t + 78,0$$

donde  $T$  es la Temperatura en el tiempo  $t$ .

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta 1: continuación)

- (a) El calor producido por la reacción se puede calcular a partir de la variación de temperatura,  $\Delta T$ , usando la siguiente expresión.

$$\text{Variación de calor} = \text{Volumen de CuSO}_4(\text{aq}) \times \text{Calor específico del H}_2\text{O} \times \Delta T$$

Describa **dos** suposiciones hechas cuando se usa esta expresión para calcular variaciones de calor. [2]

.....

.....

.....

.....

- (b) (i) Use los datos presentados por el programa de registro de datos para deducir la variación de temperatura,  $\Delta T$ , que se hubiera producido si la reacción hubiera tenido lugar instantáneamente sin pérdida de calor. [2]

.....

.....

- (ii) Calcule el calor, en kJ, producido durante la reacción usando la expresión dada en el apartado (a). [1]

.....

.....

- (c) El color de la solución cambió de azul a incolora. Deduzca la cantidad, en moles, de zinc que reaccionó en el vaso de poliestireno. [1]

.....

.....

- (d) Calcule la variación de entalpía, en  $\text{kJ mol}^{-1}$ , de esta reacción. [1]

.....

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

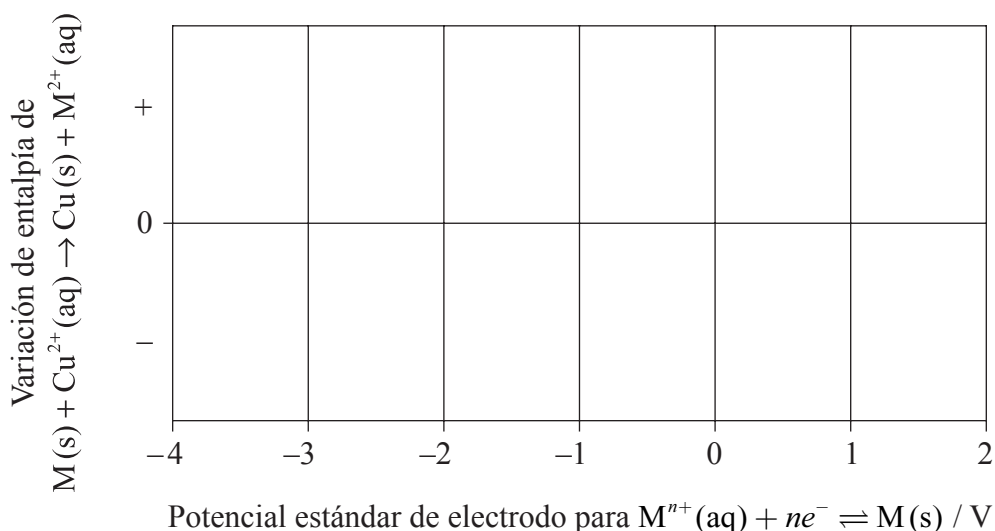
(Pregunta 1: continuación)

- (e) Se diseñó un experimento para investigar cómo se relaciona la variación de entalpía de una reacción de desplazamiento con los potenciales estándar de electrodo. En la Tabla 14 del Cuadernillo de Datos se indican los potenciales estándar de electrodo para algunas semirreacciones,  $M^{n+}(aq) + ne^{-} \rightleftharpoons M(s)$ . Se dispuso de los siguientes metales: cobre, hierro, magnesio, plata y zinc. Se añadió un exceso de cada metal a solución de sulfato de cobre(II)  $1,00 \text{ mol dm}^{-3}$ . Se midió la variación de temperatura y se calculó la variación de entalpía.

- (i) Sugiera una hipótesis posible para la relación entre la variación de entalpía que se produce cuando el metal, M, se añade al sulfato de cobre(II)(aq) y el potencial estándar de electrodo para la semirreacción  $M^{n+}(aq) + ne^{-} \rightleftharpoons M(s)$ . [1]

.....  
 .....

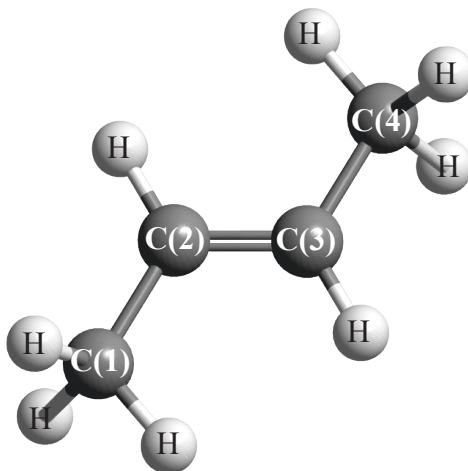
- (ii) Esquematice una gráfica en el siguiente diagrama para ilustrar su hipótesis. [2]



Página en blanco



2. (a) El 2-buteno es un alqueno de cadena lineal de fórmula  $C_4H_8$ . La molécula contiene enlaces  $\sigma$  y  $\pi$ .



- (i) Explique la formación del enlace  $\pi$ . [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- (ii) Identifique qué tipo de hibridación presenta cada átomo de carbono, C(1) y C(2). [1]

C(1): .....

C(2): .....

- (b) El 2-buteno presenta isomería geométrica. Dibuje la fórmula estructural e indique el nombre del otro isómero geométrico. [2]

.....

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta 2: continuación)

- (c) Identifique la fórmula estructural de un isómero del 2-buteno que no decolore el agua de bromo, Br<sub>2</sub>(aq). [1]

- (d) La polimerización de los alquenos es una de las reacciones más significativas del siglo veinte.

- (i) Resuma **dos** razones que justifiquen la importancia económica de los polímeros de los alquenos. [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

- (ii) Indique el tipo de reacción de polimerización que presenta el alqueno del apartado (a). [1]

.....  
 .....

- (iii) Deduzca la estructura del polímero resultante mostrando **tres** unidades que se repitan. [1]

- (iv) Explique por qué con frecuencia los monómeros son gases o líquidos volátiles, pero los polímeros son sólidos. [2]

.....  
 .....  
 .....  
 .....

3. El hierro tiene tres isótopos naturales principales que se pueden investigar con un espectrómetro de masas.

(a) La primera etapa en el funcionamiento del espectrómetro de masas es la vaporización. Entonces, el hierro se ioniza.

(i) Explique por qué el hierro se ioniza. [2]

.....

.....

.....

.....

(ii) Explique por qué dentro del espectrómetro de masas se mantiene una presión muy baja. [1]

.....

.....

(b) Una muestra de hierro tiene la siguiente composición isotópica en masa.

Isótopo	$^{54}\text{Fe}$	$^{56}\text{Fe}$	$^{57}\text{Fe}$
Abundancia relativa / %	5,95	91,88	2,17

Calcule la masa atómica relativa del hierro basándose en estos datos, dando su respuesta con **dos cifras decimales**. [2]

.....

.....

.....

.....

*(Esta pregunta continúa en la siguiente página)*



(Pregunta 3: continuación)

- (c) Describa el enlace en el hierro y explique la conductividad eléctrica y la maleabilidad del metal. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (d) Indique las configuraciones electrónicas completas de un átomo de Cu y de un ion  $\text{Cu}^+$ . [2]

Cu: .....

$\text{Cu}^+$ : .....

- (e) Explique el origen del color de los complejos de los metales de transición y use su explicación para sugerir por qué el sulfato de cobre(II),  $\text{CuSO}_4(\text{aq})$ , es azul, pero el sulfato de zinc,  $\text{ZnSO}_4(\text{aq})$ , es incoloro. [4]

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

- (f) El  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq})$  reacciona con amoníaco para formar el ion complejo  $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ . Explique esta reacción desde el punto de vista de una teoría ácido-base, y resuma cómo se forma el enlace entre el  $\text{Cu}^{2+}$  y el  $\text{NH}_3$ . [3]

.....

.....

.....

.....

.....

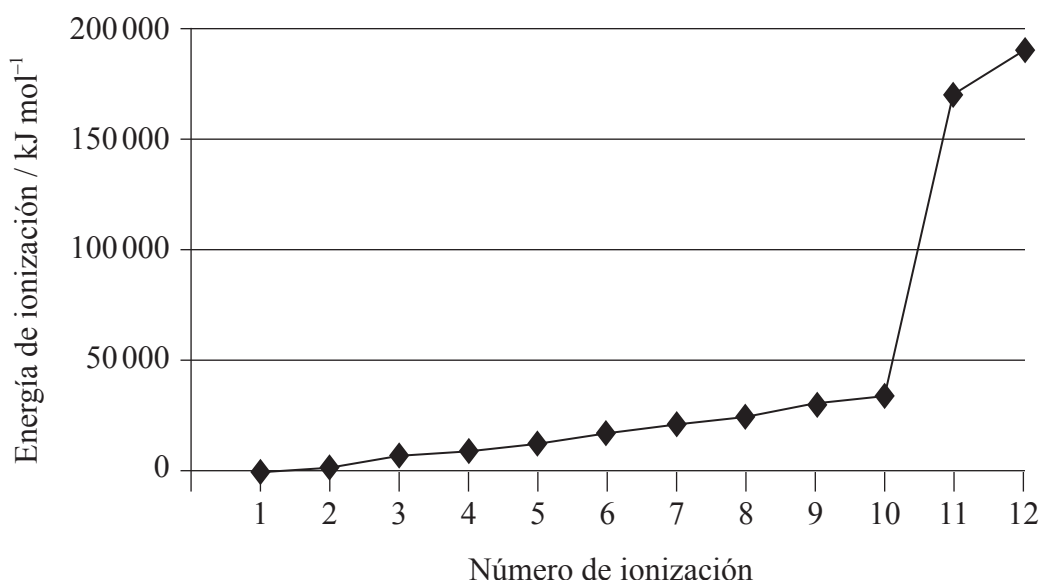
.....

.....

## SECCIÓN B

Conteste **dos** preguntas. Escriba sus respuestas en las hojas de respuestas provistas. Escriba su número de convocatoria en cada una de las hojas de respuestas, y adjúntelas a este cuestionario de examen y a su portada empleando los cordeles provistos.

4. El magnesio es el octavo elemento más abundante en la corteza terrestre. Las sucesivas energías de ionización del elemento se muestran a continuación.

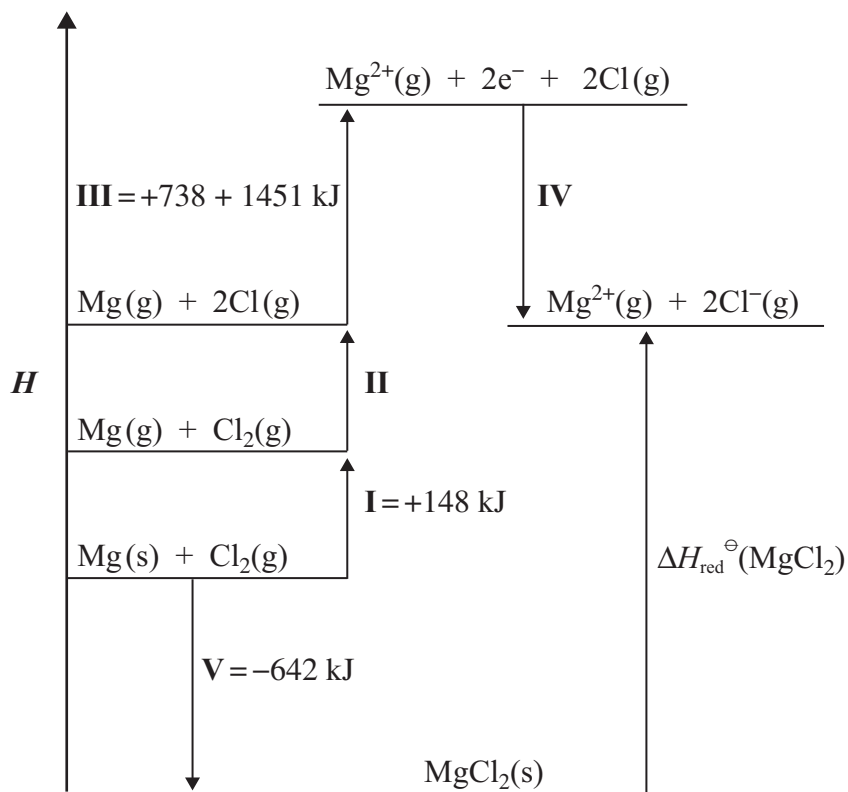


- (a) (i) Defina el término *energía de primera ionización* e indique la ecuación para la primera ionización del magnesio. [3]
- (ii) Explique el aumento general de las sucesivas energías de ionización del elemento. [2]
- (iii) Explique el gran aumento entre la décima y la undécima energías de ionización. [3]
- (b) El magnesio se puede obtener por electrólisis de cloruro de magnesio fundido,  $\text{MgCl}_2$ .
- (i) Explique cómo conduce la corriente eléctrica el cloruro de magnesio fundido. [2]
- (ii) Identifique el electrodo en el que se produce la oxidación durante la electrólisis de cloruro de magnesio fundido e indique una ecuación para representar la semirreacción. [2]
- (iii) Explique por qué no se forma magnesio durante la electrólisis de cloruro de magnesio en solución acuosa. [1]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta 4: continuación)

- (c) La entalpía de red del cloruro de magnesio se puede calcular a partir del ciclo Born-Haber que se muestra a continuación.



- (i) Identifique las variaciones de entalpía rotuladas con **I** y **V** en el ciclo. [2]
- (ii) Use las energías de ionización dadas en el ciclo de arriba y más información del Cuadernillo de Datos para calcular un valor de la entalpía de red del cloruro de magnesio. [4]
- (iii) El valor de la entalpía de red del cloruro de magnesio calculado teóricamente es de +2326 kJ. Explique la diferencia entre el valor calculado teóricamente y el valor experimental. [2]
- (iv) La entalpía de red experimental del óxido de magnesio se da en la Tabla 13 del Cuadernillo de Datos. Explique por qué la entalpía de red del óxido de magnesio es mayor que la del cloruro de magnesio. [2]
- (d) (i) Indique si las soluciones acuosas de óxido de magnesio y cloruro de magnesio son ácidas, alcalinas o neutras. [1]
- (ii) Indique una ecuación que represente la reacción entre óxido de magnesio y agua. [1]

5. Considere la siguiente secuencia de reacciones.



$\text{RCH}_3$  es un alcano desconocido en el que R representa un grupo alquilo.

- El alcano contiene 82,6 % en masa de carbono. Determine su fórmula empírica, mostrando sus cálculos. [3]
- Una muestra gaseosa de 1,00 g del alcano ocupa un volumen de 385 cm<sup>3</sup> a temperatura y presión estándar. Deduzca su fórmula molecular. [2]
- Indique el reactivo y las condiciones necesarias para la *reacción 1*. [2]
- La *reacción 1* transcurre por medio de un mecanismo de radicales libres. Describa el mecanismo por etapas, dando ecuaciones para representar las etapas de iniciación, propagación y terminación. [4]
- El mecanismo de la *reacción 2* se describe como S<sub>N</sub>2. Explique el mecanismo de esta reacción usando flechas curvas para mostrar el movimiento de los pares electrónicos, y dibuje la estructura del estado de transición. [3]
- Existen cuatro isómeros estructurales de fórmula molecular C<sub>4</sub>H<sub>9</sub>Br. Uno de esos isómeros estructurales existe en forma de dos isómeros ópticos. Dibuje diagramas para representar las estructuras tridimensionales de los dos isómeros ópticos. [2]
- Todos los isómeros se pueden hidrolizar con solución acuosa de hidróxido de sodio. Cuando se investigó la reacción de uno de esos isómeros, **X**, se obtuvieron los siguientes datos cinéticos.

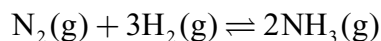
Experimento	[X] inicial / mol dm <sup>-3</sup>	[OH <sup>-</sup> ] inicial / mol dm <sup>-3</sup>	Velocidad inicial de la reacción / mol dm <sup>-3</sup> min <sup>-1</sup>
1	2,0 × 10 <sup>-2</sup>	2,0 × 10 <sup>-2</sup>	4,0 × 10 <sup>-3</sup>
2	2,0 × 10 <sup>-2</sup>	4,0 × 10 <sup>-2</sup>	4,0 × 10 <sup>-3</sup>
3	4,0 × 10 <sup>-2</sup>	4,0 × 10 <sup>-2</sup>	8,0 × 10 <sup>-3</sup>

- Deduzca la expresión de velocidad para la reacción. [3]
- Determine el valor de la constante de velocidad para la reacción e indique sus unidades. [2]
- Indique el nombre del isómero **X** y explique su elección. [2]
- Indique ecuaciones para las etapas que tienen lugar en el mecanismo de esta reacción e indique cuál etapa es lenta y cuál es rápida. [2]

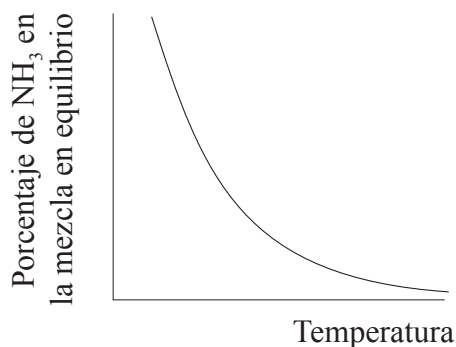


6. El proceso Haber permite la producción de amoníaco a gran escala, necesario para fabricar fertilizantes.

(a) A continuación se da la ecuación del proceso Haber.



El porcentaje de amoníaco en la mezcla en equilibrio varía con la temperatura.



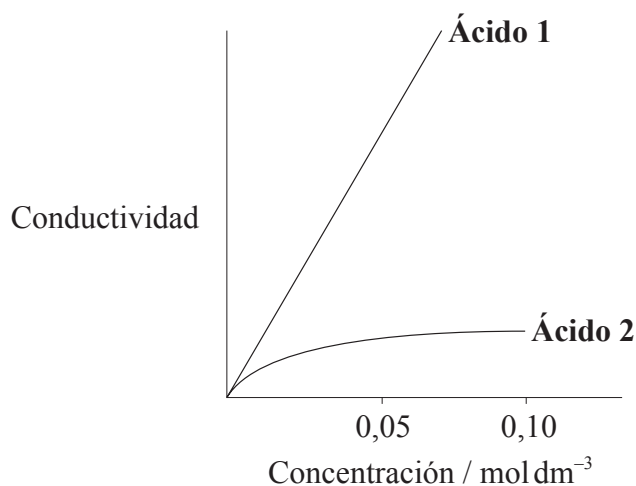
- (i) Use la gráfica para deducir si la reacción directa es exotérmica o endotérmica y explique su elección. [2]
  - (ii) Indique y explique el efecto de aumentar la presión sobre el rendimiento de amoníaco. [2]
  - (iii) Deduzca la expresión de la constante de equilibrio,  $K_c$ , para la reacción. [1]
  - (iv) Una mezcla de 1,00 mol de  $\text{N}_2$  y 3,00 moles de  $\text{H}_2$  se introdujo en un recipiente de 1,0 dm<sup>3</sup> a 400 °C. Cuando el sistema alcanzó el equilibrio, se determinó que la concentración de  $\text{NH}_3$  era de 0,062 mol dm<sup>-3</sup>. Determine la constante de equilibrio,  $K_c$ , para la reacción a esta temperatura. [3]
  - (v) En el proceso Haber se usa hierro como catalizador. Indique el efecto de un catalizador sobre el valor de  $K_c$ . [1]
- (b) El amoníaco se puede convertir en ácido nítrico,  $\text{HNO}_3(\text{aq})$ , y en ácido cianhídrico,  $\text{HCN}(\text{aq})$ . El  $\text{p}K_a$  del ácido cianhídrico es de 9,21.
- (i) Distinga entre los términos *ácido fuerte* y *débil* e indique las ecuaciones usadas para mostrar la disociación de cada ácido en solución acuosa. [3]
  - (ii) Deduzca la expresión de la constante de ionización,  $K_a$ , del ácido cianhídrico y calcule su valor a partir del valor dado de  $\text{p}K_a$ . [2]
  - (iii) Use su respuesta al apartado (b) (ii) para calcular la  $[\text{H}^+]$  y el pH de una solución acuosa de ácido cianhídrico de concentración 0,108 mol dm<sup>-3</sup>. Indique **una** suposición realizada para obtener su respuesta. [4]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)



(Pregunta 6: continuación)

- (c) Un trozo pequeño de cinta de magnesio se añade a soluciones de ácido nítrico y ácido cianhídrico de la misma concentración y a la misma temperatura. Describa **dos** observaciones que le permitirían distinguir entre los dos ácidos. [2]
- (d) Un estudiante decidió investigar las reacciones de los dos ácidos con muestras separadas de solución de hidróxido de sodio  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$ .
- (i) Calcule el volumen de solución de hidróxido de sodio necesario para reaccionar exactamente con  $15,0 \text{ cm}^3$  de solución de ácido nítrico  $0,10 \text{ mol dm}^{-3}$ . [1]
- (ii) El estudiante sugiere la siguiente hipótesis: “Puesto que el ácido cianhídrico es un ácido débil reaccionará con un volumen menor de solución de hidróxido de sodio  $0,20 \text{ mol dm}^{-3}$ .” Comente si esta hipótesis es o no es válida. [1]
- (iii) Use la Tabla 16 del Cuadernillo de Datos para identificar un indicador adecuado para la titulación de hidróxido de sodio con ácido cianhídrico. [1]
- (e) La siguiente gráfica muestra como varía la conductividad de los dos ácidos con la concentración.



Identifique el **Ácido 1** y explique su elección. [2]

7. La hidracina,  $\text{N}_2\text{H}_4$ , es un valioso combustible para cohetes.

- (a) (i) Dibuje la estructura de Lewis (representación de electrones mediante puntos) de la  $\text{N}_2\text{H}_4$  mostrando todos los electrones de valencia. [1]
- (ii) Indique y explique el ángulo de enlace H–N–H en la hidracina. [3]
- (b) La hidracina y el eteno,  $\text{C}_2\text{H}_4$ , son hidruros de elementos adyacentes en la tabla periódica. El punto de ebullición de la hidracina es mucho mayor que el del eteno. Explique esta diferencia desde el punto de vista de las fuerzas intermoleculares que actúan en cada compuesto. [2]
- (c) La ecuación que representa la reacción entre hidracina y oxígeno es la siguiente.



- (i) La variación de entalpía de formación,  $\Delta H_f^\ominus$ , de la hidracina líquida es  $50,6 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Use este valor, junto con los datos de la Tabla 12 del Cuadernillo de Datos, para calcular la variación de entalpía de esta reacción. [3]
- (ii) Use los valores de las entalpías de enlace de la Tabla 10 del Cuadernillo de Datos para determinar la variación de entalpía de esta reacción. [3]
- (iii) Identifique el cálculo que produce el valor más exacto para la variación de entalpía de la reacción dada y explique su respuesta. [3]
- (iv) Calcule  $\Delta S^\ominus$  para la reacción usando los datos siguientes y comente sobre su magnitud. [3]

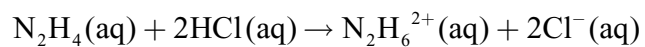
Sustancia	$S^\ominus / \text{J K}^{-1} \text{mol}^{-1}$
$\text{O}_2(\text{g})$	205
$\text{N}_2(\text{g})$	191
$\text{H}_2\text{O}(\text{l})$	69,9
$\text{N}_2\text{H}_4(\text{l})$	121

- (v) Calcule  $\Delta G^\ominus$  para la reacción a 298 K. [2]
- (vi) Prediga, dando una razón, la espontaneidad de la reacción de arriba a alta y a baja temperatura. [2]

(Esta pregunta continúa en la siguiente página)

(Pregunta 7: continuación)

- (d) La reacción entre  $\text{N}_2\text{H}_4(\text{aq})$  y  $\text{HCl}(\text{aq})$  se puede representar mediante la siguiente ecuación.



- (i) Identifique el tipo de reacción que se produce. [1]
- (ii) Prediga el valor del ángulo de enlace H–N–H en  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ . [1]
- (iii) Sugiera el tipo de hibridación que presentan los átomos de nitrógeno en  $\text{N}_2\text{H}_6^{2+}$ . [1]
-